

## Thermally-assisted magnetic memory structures

Publication number: DE102004030587

Publication date: 2005-06-02

Inventor: ANTHONY THOMAS C (US); BHATTACHARYYA  
MANOJ K (US); NICKEL JANICE H (US)

Applicant: HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO (US)

Classification:

- international: G11C11/15; G11C11/14; G11C11/16; H01L21/8246;  
H01L27/105; H01L43/08; G11C11/02; H01L21/70;  
H01L27/105; H01L43/08; (IPC1-7): G11C11/15

- European: G11C11/16

Application number: DE200410030587 20040624

Priority number(s): US20030692841 20031024

Also published as:



US6819586 (B1)

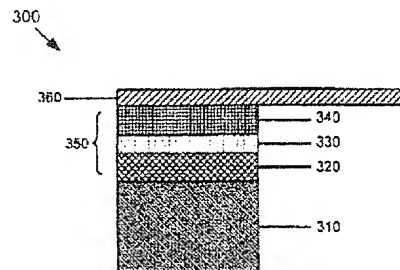
JP2005129945 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE102004030587

Abstract of corresponding document: US6819586

An exemplary array of thermally-assisted magnetic memory structures, each of the memory structures comprises a memory cell, a write conductor contacting the memory cell, the write conductor selecting the memory cell in a first coordinate during a write operation, and a heating system contacting the memory cell. The heating system heats the memory cell during the write operation and selects the memory cell by the heating in a second coordinate.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 030 587 A1** 2005.06.02

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 030 587.0**

(22) Anmeldetag: **24.06.2004**

(43) Offenlegungstag: **02.06.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G11C 11/15**

(30) Unionspriorität:  
**10/692,841      24.10.2003      US**

(71) Anmelder:  
**Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston,  
Tex., US**

(74) Vertreter:  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049  
Pullach**

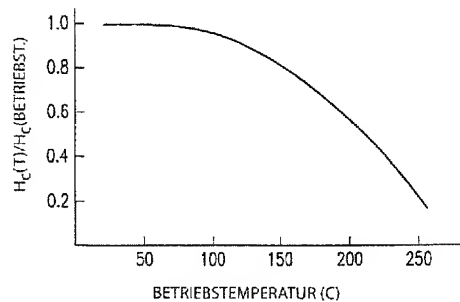
(72) Erfinder:  
**Anthony, Thomas C., Sunnyvale, Calif., US;  
Bhattacharyya, Manoj K., Cupertino, Calif., US;  
Nickel, Janice H., Sunnyvale, Calif., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen**

(57) Zusammenfassung: Ein exemplarisches Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen ist dargestellt, wobei jede der magnetischen Speicherstrukturen eine Speicherzelle, einen Schreibleiter, der die Speicherzelle kontaktiert, wobei der Schreibleiter die Speicherzelle in einer ersten Koordinate während einer Schreiboperation auswählt, und ein Heizsystem, das die Speicherzelle kontaktiert, aufweist. Das Heizsystem erwärmt die Speicherzelle während der Schreiboperation und wählt die Speicherzelle durch das Erwärmen in einer zweiten Koordinate aus.



**Beschreibung**

**[0001]** Ein Speicherchip weist im allgemeinen eine Mehrzahl von Speicherzellen auf, die auf einem Siliziumwafer aufgebracht und über ein Array von Spaltenleitungsleitungen (Bitleitungen) und Zeilenleitungsleitungen (Wortleitungen) adressierbar sind. Üblicherweise befindet sich eine Speicherzelle an dem Schnittpunkt einer Bitleitung und einer Wortleitung. Die Speicherzellen werden durch spezialisierte Schaltungen gesteuert, die Funktionen durchführen, wie z. B. ein Identifizieren von Zeilen und Spalten, von denen Daten gelesen oder an die Daten geschrieben werden. Üblicherweise speichert jede Speicherzelle Daten in der Form einer „1“ oder einer „0“, was ein Bit an Daten darstellt.

**Stand der Technik**

**[0002]** Ein Array magnetischer Speicherzellen kann als ein magnetischer Direktzugriffsspeicher oder MRAM bezeichnet werden. Ein MRAM ist im allgemeinen ein nichtflüchtiger Speicher (d. h. ein Festkörperchip, der Daten beibehält, wenn eine Leistung ausgeschaltet wird). Zumindest ein Typ einer magnetischen Speicherzelle umfasst eine Datenschicht und eine Referenzschicht, die voneinander durch zumindest eine Zwischenschicht getrennt sind. Die Datenschicht kann auch als eine Bitschicht, eine Speicherungsschicht oder eine Leseschicht bezeichnet werden. In einer magnetischen Speicherzelle kann ein Bit an Daten (z. B. eine „1“ oder „0“) durch ein „Schreiben“ in die Datenschicht über eine oder mehrere leitende Anschlussleitungen (z. B. eine Bitleitung und eine Wortleitung) gespeichert werden. Eine typische Datenschicht kann aus einem oder mehreren ferromagnetischen Materialien hergestellt sein. Die Schreiboperation wird üblicherweise über einen Schreibstrom erreicht, der die Ausrichtung des magnetischen Moments in der Datenschicht in eine vorbestimmte Richtung setzt.

**[0003]** Sobald es geschrieben wurde, kann das gespeicherte Bit an Daten durch ein Bereitstellen eines Lesestroms durch eine oder mehrere leitende Anschlussleitungen (z. B. eine Leseleitung) an die magnetische Speicherzelle gelesen werden. Für jede Speicherzelle sind die Ausrichtungen der magnetischen Momente der Datenschicht und der Referenzschicht entweder parallel (in der gleichen Richtung) oder antiparallel (in unterschiedlichen Richtungen) zueinander. Der Grad an Parallelität beeinflusst den Widerstandswert der Zelle und dieser Widerstandswert kann durch ein Lesen (z. B. über einen Leseverstärker) eines Ausgangsstroms oder einer Ausgangsspannung, der/die durch die Speicherzelle ansprechend auf den Lesestrom erzeugt wird, bestimmt werden.

**[0004]** Insbesondere weist der basierend auf dem

Ausgangsstrom bestimmte Widerstandswert, wenn die magnetischen Momente parallel sind, einen ersten relativen Wert (z. B. relativ niedrig) auf. Wenn die magnetischen Momente antiparallel sind, weist der bestimmte Widerstandswert einen zweiten relativen Wert (z. B. relativ hoch) auf. Die relativen Werte der beiden Zustände (d. h. parallel und antiparallel) unterscheiden sich üblicherweise ausreichend, um als unterschiedlich erfasst zu werden. Eine „1“ oder eine „0“ kann den jeweiligen relativen Widerstandswerten abhängig von einer Entwurfsspezifizierung zugewiesen werden.

**[0005]** Die Zwischenschicht, die auch als eine Abstandsschicht bezeichnet werden kann, kann ein isolierendes Material (z. B. Dielektrikum), ein nicht-magnetisches leitendes Material und/oder weitere bekannte Materialien aufweisen. Die verschiedenen leitenden Anschlussleitungen, die zur Auswahl der Speicherzellen verwendet werden (z. B. Bitleitungen, Wortleitungen und Leseleitungen) und zur Bereitstellung von Strömen zum Laufen durch die Daten- und die Referenzschicht zum Lesen von Daten von oder Schreiben von Daten in die Speicherzellen werden durch eine oder mehrere zusätzliche Schichten, leitende Schichten genannt, bereitgestellt.

**[0006]** Die oben beschriebenen Schichten und ihre jeweiligen Charakteristika sind typisch für magnetische Speicherzellen, die auf Tunneleffektmagnetowiderstands- (CMR-) Effekten basieren, die in der Technik bekannt sind. Weitere Kombinationen von Schichten und Charakteristika können ebenso verwendet werden, um magnetische Speicherzellen herzustellen, die auf TMR-Effekten basieren. Siehe z. B. U.S.-Patent Nr. 6,404,674, übertragen an Anthony u. a., das hierin zu allen Zwecken in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme aufgenommen ist.

**[0007]** Weitere Konfigurationen magnetischer Speicherzellen basieren auf weiteren gut bekannten physischen Effekten (z. B. Effekt eines Riesen-Magnetowiderstands (GMR), eines anisotropen Magnetowiderstands (AMR), eines Kolossal-Magnetowiderstands (CMR) und/oder anderen physischen Effekten).

**[0008]** In der gesamten Anmeldung werden verschiedene exemplarische Ausführungsbeispiele in Bezug auf die TMR-Speicherzellen, wie diese oben erst beschrieben wurden, beschrieben. Fachleute auf diesem Gebiet werden ohne weiteres erkennen, dass die exemplarischen Ausführungsbeispiele auch mit weiteren Typen magnetischer Speicherzellen, die in der Technik bekannt sind (z. B. weiteren Typen von PMR-Speicherzellen, GMR-Speicherzellen, AMR-Speicherzellen, CMR-Speicherzellen, usw.), gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung implementiert sein können.

[0009] Bei einem herkömmlichen MRAM, wie er oben beschrieben wurde, befindet sich die magnetische Speicherzelle im allgemeinen an dem Schnittpunkt eines Paares orthogonaler Metallschreibleiter (d. h. einer Bitleitung und einer Wortleitung). Bei dieser Anordnung befinden sich die magnetischen Speicherzellen in einem guten thermischen Kontakt zu den Schreibleitern. Ein derartiger guter thermischer Kontakt hält die Temperatur der magnetischen Speicherzellen niedrig, da in den magnetischen Speicherzellen erzeugte Wärme schnell durch die Schreibleiter dissipiert wird. Wenn man jedoch die Temperatur der magnetischen Speicherzellen erhöhen möchte, wird der gute thermische Kontakt zu einem Nachteil. Dies ist in einem thermisch gestützten MRAM der Fall, bei dem die Temperatur einer ausgewählten Speicherzelle in einer magnetischen Speicherzelle während einer Schreiboperation erhöht wird, um ein Umschalten ihrer magnetischen Ausrichtung zu erleichtern.

[0010] So besteht ein Markt für verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen.

#### Aufgabenstellung

[0011] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen, Verfahren oder ein nichtflüchtiges Speicherarray mit verbesserten Charakteristika zu schaffen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Array gemäß Anspruch 1, ein Verfahren gemäß Anspruch 17 oder 22 oder ein Speicherarray gemäß Anspruch 34 gelöst.

[0013] Ein exemplarisches Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen ist dargelegt, wobei jede der magnetischen Speicherstrukturen eine Speicherzelle, einen Schreibleiter, der die Speicherzelle kontaktiert, wobei der Schreibleiter die Speicherzelle in einer ersten Koordinate während einer Schreiboperation auswählt, und ein Heizsystem, das die Speicherzelle kontaktiert, aufweist. Das Heizsystem erwärmt die Speicherzelle während der Schreiboperation und wählt die Speicherzelle durch das Erwärmen in einer zweiten Koordinate aus.

[0014] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen einer thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur weist ein Bilden einer Speicherzelle, ein Bilden eines Schreibleiters, der die Speicherzelle kontaktiert, wobei der Schreibleiter die Speicherzelle in einer ersten Koordinate während einer Schreiboperation auswählt, und ein Bilden eines Heizsystems, das die Speicherzelle kontaktiert, auf. Das Heizsystem erwärmt die Speicherzelle während der Schreiboperation und wählt die Speicherzelle durch das Erwärmen in einer zweiten Koordinate aus.

[0015] Weitere Ausführungsbeispiele und Implementierungen sind ebenso unten beschrieben.

#### Ausführungsbeispiel

[0016] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0017] Fig. 1 einen exemplarischen Graphen einer Koerzitivität gegenüber einer Temperatur einer exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur;

[0018] Fig. 2 einen exemplarischen zeitlichen Verlauf einer Schreiboperation einer exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur;

[0019] Fig. 3 eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur;

[0020] Fig. 4 ein exemplarisches Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen, die ein erstes exemplarisches Heizsystem implementieren;

[0021] Fig. 5 eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, die ein zweites exemplarisches Heizsystem implementiert; und

[0022] Fig. 6 eine weitere exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, die ein drittes exemplarisches Heizsystem implementiert.

#### I. Übersicht

[0023] Exemplarische verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen sind hierin beschrieben.

[0024] Abschnitt II beschreibt eine exemplarische verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur.

[0025] Abschnitt III beschreibt ein exemplarisches Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen, die ein erstes exemplarisches Heizsystem implementieren.

[0026] Abschnitt IV beschreibt eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, die ein zweites exemplarisches Heizsystem implementiert.

[0027] Abschnitt V beschreibt eine weitere exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, die ein drittes exemplarisches Heizsystem implementiert.

## II. Eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur

### A. Thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen in einer herkömmlichen MRAM-Konfiguration

**[0028]** In vielen herkömmlichen MRAMs wird eine „1“ oder eine „0“ in eine Speicherzelle in einer einzelnen Speicherstruktur geschrieben, indem die magnetische Ausrichtung der Datenschicht in der Speicherzelle umgeschaltet wird. Die magnetische Ausrichtung wird üblicherweise durch die Vektorsumme von Magnetfeldern umgeschaltet, die aus Schreibströmen resultieren, die in zwei orthogonalen Schreibleitern (d. h. einer Bitleitung und einer Wortleitung), einer oberhalb und einer unterhalb der Speicherzelle, fließen. Die ausgewählte Speicherzelle erfährt ein Bitleitungsfeld und ein Wortleitungsfeld, während andere Speicherzellen auf der ausgewählten Zeile und Spalte nur entweder ein Bitleitungsfeld oder ein Wortleitungsfeld erfahren.

**[0029]** In einem thermisch gestützten (oder anderweitig herkömmlichen) MRAM wird eine ausgewählte Speicherzelle kurz vor oder während einer Schreiboperation erwärmt. Als ein Ergebnis der erhöhten Wärme wird die Koerzitivität (d. h. die Leichtigkeit eines Umschaltens der magnetischen Ausrichtung der Speicherzelle) der erwärmten Speicherzelle reduziert und kleinere Umschaltmagnetfelder (und so kleinere Ströme) werden zum Schreiben dieser Speicherzelle benötigt. Fig. 1 stellt einen exemplarischen Graphen einer Koerzitivität gegenüber einer Temperatur für eine thermisch gestützte Speicherzelle dar. Die bestimmten Daten in Fig. 1 sind lediglich exemplarisch und variieren abhängig von der Zusammensetzung und weiteren Charakteristika der Speicherzelle. Im allgemeinen nimmt mit zunehmender Temperatur in der Speicherzelle jedoch die Koerzitivität in der Speicherzelle allgemein ab.

**[0030]** So erfordert ein thermisch gestützter herkömmlicher MRAM im allgemeinen kleinere kombinierte x- und y-Felder zum Umschalten als Speicherzellen in einem nicht thermisch gestützten herkömmlichen MRAM.

### B. Verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen in einer MRAM-Konfiguration, die einen Schreibleiter beseitigt

**[0031]** Die herkömmliche magnetische Speicherstruktur kann durch ein Beseitigen eines der Schreibleiter aus den thermisch gestützten MRAMs vereinfacht werden. Durch ein Anlegen von Wärme an eine ausgewählte Speicherzelle werden die erforderlichen Umschaltmagnetfelder während einer Schreiboperation reduziert. Solange eine ausgewählte Speicherzelle ausreichend erwärmt ist (d. h. auf eine Schwellentemperatur ohne ein nicht umkehrba-

res Verändern der Magnetisierungseigenschaften), kann z. B. ein in einem Schreibleiter angelegter Schreibstrom ausreichen, um die magnetische Ausrichtung der erwärmten Speicherzelle umzuschalten, ohne die magnetische Ausrichtung nicht erwärmter Speicherzellen auf dem ausgewählten Schreibleiter umzuschalten.

**[0032]** Ein Beseitigen eines Schreibleiters kann außerdem eine Leistungsdissipation reduzieren, Fertigungsprozesse vereinfachen, die Wahrscheinlichkeit von Schreibfehlern in halb ausgewählten Speicherzellen reduzieren und/oder verschwendeten Strom auf nicht ausgewählten Speicherzellen reduzieren.

**[0033]** Die Energiemenge, die zum Erwärmen von Speicherzellen auf eine bestimmte Temperatur  $T$  benötigt wird, ist proportional zu der Anzahl ausgewählter Speicherzellen. So kann, wenn eine einzelne Speicherzelle ausgewählt ist, die Energiemenge, die zum Erwärmen dieser ausgewählten Speicherzelle benötigt wird, sehr klein sein.

**[0034]** In einer exemplarischen Implementierung kann eine bestimmte Speicherzelle durch ein Verwenden eines Schreibleiters zum Liefern eines Schreibstroms in der Spalte, in der sich die Speicherzelle befindet, und durch ein Verwenden von Wärme zur Auswahl der Speicherzelle auf der passenden Zeile entlang dieser Spalte ausgewählt werden. Die Koerzitivität der erwärmten Speicherzelle wird auf einen Pegel unterhalb des Pegels eines Feldes reduziert, das durch den Schreibstrom bereitgestellt wird, wohingegen die Koerzitivitäten der nicht erwärmten Speicherzellen oberhalb des bereitgestellten Felds liegen.

**[0035]** Fig. 2 stellt einen exemplarischen zeitlichen Verlauf zum Schreiben einer Speicherzelle in einem verbesserten thermisch gestützten MRAM dar. Die bestimmten Daten in Fig. 2 sind lediglich exemplarisch und variieren abhängig von den Charakteristika der Speicherstruktur. Die durchgezogene Linie zeigt den über die Zeit angelegten Schreibstrom an. Die gestrichelte Linie zeigt eine Erwärmungsleistung, die an die Speicherzelle angelegt wird, über die Zeit an. Die gepunktete Linie zeigt den Anstieg und Abfall der Temperatur in der Speicherzelle aufgrund der angelegten Erwärmungsleistung über die Zeit an. Während einer Schreiboperation z. B. kann ein Spannungspuls an die Speicherzelle angelegt werden, während ein Schreibstrom in einem ausgewählten Schreibleiter (entlang der Spalte, in der sich die erwärmte Speicherzelle befindet) angelegt wird. Der Spannungspuls erwärmt die Speicherzelle auf eine Temperatur, derart, dass die Koerzitivität der Speicherzelle abnimmt. Während die Speicherzelle heiß ist, wird der Schreibstrom für einen Zeitlänge angelegt, die ausreichend ist, um die Speicherzelle zu schreiben, und wird beibehalten, bis die Speicherzel-

le wieder in einen thermisch stabilen Magnetisierungszustand heruntergekühlt ist.

C. Eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur mit einem Schreibleiter

[0036] **Fig. 3** stellt eine exemplarische verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur **300** dar. Im allgemeinen kann eine Speicherstruktur in einer oben festgelegten Konfiguration (wobei die Referenzschicht auf der Datenschicht ist) oder einer unten festgelegten Konfiguration (wobei die Referenzschicht unter der Datenschicht ist) hergestellt sein. Zur Erleichterung einer Erklärung ist nur die oben festgelegte Konfiguration in **Fig. 3** gezeigt und nur auf diese wird in der Beschreibung verschiedener exemplarischer Ausführungsbeispiele hierin Bezug genommen. Ein Fachmann auf diesem Gebiet wird ohne weiteres erkennen, dass weitere Konfigurationen (z. B. unten festgelegt, usw.) unter Verwendung der hierin offenbarten exemplarischen Verfahren gemäß einer bestimmten Entwurfsanforderung implementiert werden können.

[0037] Die magnetische Speicherstruktur **300** umfasst einen Schreibleiter **310**, eine Speicherzelle **350** (mit einer Datenschicht **320**, einer Abstandsschicht **330** und einer Referenzschicht **340**) und ein Heizsystem **360**.

[0038] Speicherstrukturen, die zusätzliche Schichten aufweisen, sind ebenso in der Technik bekannt und können mit verschiedenen hierin zu beschreibenden Ausführungsbeispielen gemäß einer bestimmten Entwurfsauswahl implementiert werden. Eine weitere magnetische Speicherstruktur kann z. B. auch eine Keimschicht, eine antiferromagnetische (AFM-) Schicht, eine Schutzabdeckschicht und/oder weitere Schichten umfassen. Die Keimschicht verbessert eine Kristallausrichtung innerhalb der AFM-Schicht. Exemplarische Materialien für eine Keimschicht umfassen Ta, Ru, NiFe, Cu oder Kombinationen dieser Materialien. Die AFM-Schicht verbessert eine magnetische Stabilität in der Referenzschicht **340**. Exemplarische Materialien für eine AFM-Schicht umfassen IrMn, FeMn, NiMn, PtMn und/oder weitere bekannte Materialien. Die Schutzabdeckschicht schützt die Datenschicht **320** vor der Umgebung (z. B. durch ein Reduzieren einer Oxidation der Datenschicht **320**) und kann unter Verwendung jedes in der Technik bekannten geeigneten Materials gebildet sein. Exemplarische Materialien für eine Schutzabdeckschicht umfassen Ta, TaN, Cr, Al, Ti und/oder weitere Materialien. Zur Erleichterung einer Erläuterung sind diese zusätzlichen Schichten in den Figuren nicht gezeigt.

[0039] Wieder Bezug nehmend auf **Fig. 3** sind bei einer exemplarischen Implementierung der Schreibleiter **310** und das Heizsystem **360** orthogo-

nal zueinander und werden für Schreib- und Leseoperationen verwendet. Während einer Schreiboperation z. B. wählt ein in einem ausgewählten Schreibleiter **310** angelegter Schreibstrom wirksam eine Spalte von Speicherzellen aus und durch das Heizsystem **360** bereitgestellte Wärme wählt den Zeilenort der Speicherzelle entlang dieser ausgewählten Spalte aus. Die physische Konfiguration des Schreibleiters **310** und des Heizsystems **360**, die oben beschrieben sind, ist lediglich exemplarisch. Ein Fachmann auf diesem Gebiet wird ohne weiteres erkennen, dass der Schreibleiter **310** und das Heizsystem **360** nicht notwendigerweise orthogonal zueinander sein müssen, solange während einer Schreiboperation der Schreibleiter **310** die Speicherzelle **350** in einer ersten Koordinate auswählt und das Heizsystem **360** die Speicherzelle **350** in einer zweiten Koordinate durch ein Erwärmen der Speicherzelle **350** während der Schreiboperation auswählt. Die erste und die zweite Koordinate können in jedem Winkel relativ zueinander positioniert sein.

[0040] Während einer Leseoperation kann das Heizsystem **360** als ein Leseleiter verwendet werden und der Schreibleiter **310** kann als eine Leseleitung verwendet werden. Bei dieser exemplarischen Implementierung liefert das Heizsystem **360** einen kleinen Lesestrom an die ausgewählte Speicherzelle **350** und ein Ausgangsstrom von der ausgewählten Speicherzelle **350** tritt zu einem ausgewählten Schreibleiter **310** aus, um an einen standardmäßigen Leseschaltungsaufbau (nicht gezeigt) zum Lesen des Widerstandswerts in der Speicherzelle **350** geliefert zu werden. Zusätzliche exemplarische Heizsysteme sind unten in den Abschnitten III – V beschrieben.

[0041] Der Schreibleiter **310** kann aus Cu, Al, AlCu, Ta, W, Au, Ag, Legierungen eines oder mehrerer der obigen Materialien und/oder einem oder mehreren weiteren leitenden Materialien und Legierungen hergestellt sein. Der Schreibleiter **310** kann durch eine Aufbringungs- oder weitere in der Technik bekannte Techniken (z. B. Zerstäuben, Verdampfung, Elektroplattieren, usw.) gebildet sein. Der Schreibleiter **310**, wie in **Fig. 3** gezeigt, ist lediglich darstellend. Fachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, dass weitere Konfigurationen ebenso gemäß einer bestimmten Entwurfsauswahl implementiert sein können. Der Schreibleiter **310** kann z. B. zumindest teilweise durch ein ferromagnetisches Umhüllungsmaterial umhüllt sein, der Schreibleiter **310** kann thermisch von der Speicherzelle durch ein isolierendes Material (z. B. Dielektrikum, Luft, Vakuum, usw.) isoliert sein, usw. Wenn eine Umhüllung implementiert ist, kann die Umhüllung eines oder mehrere Materialien aufweisen, die eine geringe Wärmeleitfähigkeit (z. B. amorpher metallischer dotierter Halbleiter und/oder weitere Materialien oder Legierungen) und/oder ferromagnetische Eigenschaften aufweisen. Zusätzlich kann die Speicherzelle **350** einen elektrischen Kon-

takt zu einem Abschnitt der Umhüllung statt zu dem Schreibleiter 310 herstellen, um eine Wärmeübertragung durch den Schreibleiter 310 zu reduzieren.

[0042] Ein Schreiben der Speicherzelle 350 unter Verwendung eines einzelnen bzw. einzigen Schreibleiters 310 schließt eine Verwendung von Magnetfeldern, die durch weitere Schichten nahe der ausgewählten Speicherzelle 350 erzeugt werden, zur Unterstützung des Schreibvorgangs nicht aus. Wenn z. B. ein kleiner Strom über das Heizsystem 360 angelegt wird, um die Speicherzelle 350 zu erwärmen, resultieren kleine Magnetfelder aus diesem Strom. Die durch das Heizsystem 360 erzeugten Magnetfelder können mit den Magnetfeldern kombiniert werden, die durch den Schreibstrom in dem Schreibleiter erzeugt werden, um die Speicherzelle zu beschreiben. Der kleine Anstieg der Magnetfelder von dem Heizsystem 360 kann unter Umständen eine Reduzierung des Schreibstroms, der in dem Schreibleiter 310 während einer Schreiboperation benötigt wird, unterstützen. Ein Fachmann auf diesem Gebiet wird ohne weiteres erkennen, dass weitere Konfigurationen ebenso gemäß einer bestimmten Entwurfsauswahl implementiert werden können.

[0043] Bei einer exemplarischen Implementierung kann das Heizsystem 360 einen Leiter aufweisen, der die Speicherzelle 350 und/oder weitere Komponenten (z. B. Standardumschaltungsbaufbau und/oder andere Konfigurationen) zum Zuführen von Energie (z. B. einem Strom) zum Erwärmen der Speicherzelle 350 kontaktiert. Der in einem Heizsystem 360 implementierte Leiter kann eines oder mehrere von Ti, Cu, Al, AlCu, Ta, W, Legierungen eines oder mehrerer der obigen und/oder eines oder mehrere weitere leitende Materialien und Legierungen aufweisen. Das Heizsystem 360 kann auch einen Standardumschaltungsbaufbau (nicht gezeigt) zum Steuern einer Energie (z. B. Menge, Dauer, Zeitgebung, usw.) aufweisen, die zum Erwärmen der Speicherzelle 350 verwendet werden soll. Wenn das Heizsystem 360 als ein Leseleiter verwendet wird, ermöglicht es der Standardumschaltungsbaufbau unter Umständen, dass ein Lesestrom während Leseoperationen an die Speicherzelle 350 angelegt werden kann. Das Heizsystem 360 kann mit einer einzelnen Speicherzelle oder mehreren Speicherzellen verbunden sein. Verschiedene exemplarische Heizsysteme 360 sind unten in den Abschnitten III – V beschrieben. Das Heizsystem 360 kann auch gemäß weiteren bekannten Techniken implementiert sein. Siehe z. B. US-Patentanmeldung mit dem Titel „Thermally-Assisted Switching of Magnetic Memory Elements“ (Thermisch gestütztes Umschalten magnetischer Speicherelemente), von Nickel u. a., die hierin zu allen Zwecken durch Bezugnahme aufgenommen ist.

[0044] Die Datenschicht 320 kann eines oder mehrere ferromagnetische Materialien aufweisen. Bei ei-

nem exemplarischen Ausführungsbeispiel umfassen ferromagnetische Materialien, die für die Datenschicht 320 geeignet sind, ohne Einschränkung NiFe, NiFeCo, CoFe, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb, CoFeB) und weitere Materialien. Bei einer exemplarischen Implementierung weist die Datenschicht 320 einen Ferromagneten (FM) auf, der in Kontakt mit einem Antiferromagneten (AFM) steht. Durch ein Koppeln einer FM-Schicht mit einer AFM-Schicht kann eine erwünschte Temperaturabhängigkeit von der Datenschichtkoerzitivität erhalten werden. Eine hohe Koerzitivität kann z. B. bei Raumtemperatur aufgrund einer großen FM-AFM-Austauschanisotropie erzielt werden. Eine hohe Raumtemperaturkoerzitivität kann ein unbeabsichtigtes Schreiben nichtausgewählter Speicherzellen auf ausgewählten Zeilen und/oder Spalten verhindern. Beispiele von AFM-Materialien umfassen ohne Einschränkung Iridium-Mangan (IrMn), Eisen-Mangan (FeMn), Nickel-Mangan (NiMn), Nickel-Oxid (NiO) und Platin-Mangan (PtMn) und/oder weitere Materialien.

[0045] Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Abstandsschicht 330 eine Tunnelbarrierschicht (z. B. wenn die Speicherzelle 350 eine TMR-Speicherzelle ist). Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Abstandsschicht 330 aus  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlN}_x$  und/oder weiteren isolierenden Materialien hergestellt sein.

[0046] Bei einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Abstandsschicht 330 eine nicht-magnetische leitende Schicht (z. B. wenn die Speicherzelle 350 eine GMR-Speicherzelle ist). Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Abstandsschicht 330 aus Cu, Au, Ag und/oder weiteren nicht-magnetischen leitenden Materialien hergestellt sein.

[0047] Die Referenzschicht 340 kann eine einzelne Schicht eines Materials oder mehrere Schichten von Materialien aufweisen. Die Referenzschicht 340 kann z. B. eines oder mehrere ferromagnetische Materialien aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel umfassen ferromagnetische Materialien, die für die Referenzschicht 340 geeignet sind, NiFe, NiFeCo, CoFe, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb, CoFeB) und weitere Materialien.

III. Ein exemplarisches Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen, die ein erstes exemplarisches Heizsystem implementieren

[0048] Fig. 4 stellt ein exemplarisches Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen 400, die ein erstes exemplarisches Heizsystem implementieren, dar. Das Array 400 umfasst Schreibleiter 310a, 310b, Speicherzellen 350a – 350d, die die Schreibleiter 310a, 310b kontaktieren, und Heizsysteme 360a, 360b, die die Speicherzellen 350a – 350d

kontaktieren. Bei dieser exemplarischen Implementierung weisen die Heizsysteme **360a**, **360b** Heizerleitungen auf, die orthogonal zu den Schreibleitern **310a**, **310b** sind. Jede Heizerleitung liefert Wärme an zumindest eine Speicherzelle **350a** – **350d** in dem Array **400**, z. B. während einer Schreiboperation. Die Heizerleitungen können mit einem Standardschaltungsaufbau (nicht gezeigt) zum Steuern der Zeitgebung und der Menge an Energie, die an eine oder mehrere Speicherzellen **350a** – **350d** angelegt wird, verbunden sein. Der Standardschaltungsaufbau zum Steuern der Heizerleitungen ist in der Technik bekannt und muss hierin nicht detaillierter beschrieben werden. Siehe z. B. U.S.-Patent Nr. 6,603,678 B2, auf das oben Bezug genommen wurde.

[0049] Während einer Schreiboperation läuft ein Schreibstrom in einem ausgewählten Schreibleiter **310a** und ein Heizerstrom wird an eine ausgewählte Heizerleitung **360a** angelegt, um die Leitung zu erwärmen (und die Speicherzellen **350a** und **350b** benachbart zu dieser Leitung). Auf diese Weise wird die Speicherzelle **350a**, die sich an dem Schnittpunkt des ausgewählten Schreibleiters **310a** und der ausgewählten Heizerleitung **360a** befindet, ausgewählt und beschrieben. Die Speicherzelle **350a** sollte ausreichend erwärmt werden, so dass das Magnetfeld, das durch den Schreibstrom in dem ausgewählten Schreibleiter **310a** erzeugt wird, ausreicht, um die magnetische Ausrichtung der Speicherzelle umzuschalten. Die Speicherzelle **350a** sollte jedoch nicht überhitzt werden, so dass ihre Magnetisierungseigenschaften sich irreversibel verändern. Bei einer exemplarischen Implementierung kann der Schreibstrom für eine bestimmte Zeit während einer Schreiboperation beibehalten werden, bis die beschriebene Speicherzelle **350a** auf eine magnetisch stabile Temperatur abkühlt.

[0050] Bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel teilen sich mehrere Speicherzellen eine Heizerleitung, so dass mehr als eine Speicherzelle während einer Schreiboperation eine erhöhte Temperatur erfährt. Bei diesem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann es wirksam sein, alle Speicherzellen entlang der erwärmten Zeile gleichzeitig zu beschreiben. Bezug nehmend auf Fig. 4 z. B. werden die Speicherzellen **350a** und **350b** erwärmt, wenn die Heizerleitung **360a** einen Heizerstrom zieht. Um beide Speicherzellen zu beschreiben, wird ein Schreibstrom gleichzeitig an die Schreibleiter **310a** und **310b** angelegt. Die Richtung des Schreibstroms in den Leitern **310a** und **310b** bestimmt den magnetischen Zustand der beschriebenen Speicherzellen.

[0051] Während einer Leseoperation wirken die Schreibleiter **310a**, **310b** und die Heizerleitungen **360a**, **360b** als Leseleitungen. Um z. B. die Speicherzelle **350a** zu lesen, wird ein kleiner Lesestrom an eine ausgewählte Heizerleitung **360a**, durch die

Speicherzelle **350a** und durch einen ausgewählten orthogonalen Schreibleiter **310a** angelegt. Der Strom durch die ausgewählte Speicherzelle **350a** hängt von dem magnetischen Zustand (d. h. dem Widerstandswert) der Speicherzelle **350a** ab. So wird die Speicherzelle **350a**, die sich an dem Schnittpunkt der ausgewählten Heizerleitung **360a** und des ausgewählten Schreibleiters **310a** befindet, gelesen.

#### IV. Eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, die ein zweites exemplarisches Heizsystem implementiert

[0052] Fig. 5 stellt eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur **500**, die ein zweites exemplarisches Heizsystem implementiert, dar. Die Speicherstruktur **500** umfasst einen Schreibleiter **310**, eine Speicherzelle **350**, die den Schreibleiter **310** kontaktiert, und ein Heizsystem **360**, das die Speicherzelle **350** kontaktiert. Bei dieser exemplarischen Implementierung weist das Heizsystem **360** einen Leseleiter **510** auf, der durch eine Stütze **520** mit einem Umschaltbau (nicht gezeigt) unter der Speicherstruktur **500** verbunden ist. Ein zusätzlicher Umschaltbau (nicht gezeigt), der sowohl zum Lesen als auch zum Schreiben verwendet wird, ist mit dem Leiter **310** verbunden.

[0053] Bei einer exemplarischen Implementierung kann ein Zugriff auf jede Speicherzelle **350** durch eine separate Umschaltbau, die schnittstellenmäßig mit der Stütze **520** verbunden ist, gesteuert werden. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung kann ein Zugriff auf mehrere Speicherzellen **350** durch eine Umschaltbau gesteuert werden, die schnittstellenmäßig mit der Stütze **520** verbunden ist. Je mehr Speicherzellen durch eine bestimmte Umschaltbau gesteuert werden, desto größer muss die Fläche eines zusätzlichen Schaltungsaufbaus unter den Speicherzellen gebildet werden. Die Anzahl von Speicherzellen, die durch eine Umschaltbau gesteuert werden sollen, hängt von einer Entwurfsauswahl ab.

[0054] Bei einer exemplarischen Implementierung weist die Umschaltbau, die schnittstellenmäßig mit der Stütze **520** verbunden ist, zumindest einen Transistor auf, der einen Strom ein-/ausschaltet, der während Lese-/Schreiboperationen an die Speicherzelle **350** angelegt werden soll. Während einer Schreiboperation schaltet die Umschaltbau z. B. einen Strom ein, der über die Stütze **520** und den Leseleiter **510** an die Speicherzelle **350** angelegt werden soll, um ein Erwärmen in der Speicherzelle **350** zu aktivieren. Der angelegte Strom reicht aus, um die Speicherzelle **350** auf eine erhöhte Temperatur zu erwärmen, so dass Magnetfelder, die durch einen in dem Schreibleiter **310** angelegten Strom erzeugt werden, die magnetische Ausrichtung der



Speicherzelle **350** umschalten können. Die Speicherzelle **350** sollte jedoch nicht überhitzt werden, so dass sich ihre Magnetisierungseigenschaften irreversibel verändern. Bei einer exemplarischen Implementierung kann der Schreibstrom für eine bestimmte Zeit während einer Schreiboperation beibehalten werden, bis die beschriebene Speicherzelle **350** auf eine magnetisch stabile Temperatur abkühlt.

**[0055]** Während einer Leseoperation schaltet die Umschalterschaltung einen kleinen Strom ein, der über die Stütze **520** und den Leseleiter **510** an die Speicherzelle **350** angelegt werden soll, um den Widerstandswert in der Speicherzelle **350** zu bestimmen. Bei einer exemplarischen Implementierung tritt der während einer Leseoperation an die Speicherzelle **350** angelegte Strom durch den Schreibleiter **310** aus, der während der Leseoperation als eine Leseleitung wirkt und mit einem Standard-Lese-Schaltungsaufbau (nicht gezeigt) verbunden ist.

V. Eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, die ein drittes exemplarisches Heizsystem implementiert

**[0056]** Fig. 6 stellt eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur **600**, die ein drittes exemplarisches Heizsystem implementiert, dar. Die Speicherstruktur **600** umfasst einen Schreibleiter **310**, eine Speicherzelle **350**, die den Schreibleiter **310** kontaktiert, und ein Heizsystem **360**, das die Speicherzelle **350** kontaktiert. Bei dieser exemplarischen Implementierung weist das Heizsystem **360** einen Heizer **610**, der sich in Serie zu der Speicherzelle **350** befindet, und einen Leseleiter **620** auf, der den Heizer **610** kontaktiert und mit einem Umschalterschaltungsaufbau (nicht gezeigt) zum Steuern von Strömen, die an die Speicherzelle **350** angelegt werden sollen, verbunden ist. Exemplarische Strukturen für den Heizer **610** umfassen ohne Einschränkung eine isolierende Tunnelbarriere, eine halbleiterreiche Isolatorschicht, eine Halbleiterschicht, eine Schicht mit hohem Widerstandswert und/oder weitere Strukturen. Exemplarische Materialien für eine isolierende Tunnelbarriere sind AlOx, AlNx, SiOx, SiNx und MgO, für einen halbleiterreichen Isolator siliziumreiche Oxide und siliziumreiche Nitride, für eine Halbleiterschicht Silizium und Germanium und für eine Schicht mit hohem Widerstandswert TaSiN, WSiN, TaN und WN. Bei einer exemplarischen Implementierung ist der Widerstandswert des Heizers **610** in dem Lesemodus ausreichend klein (z. B. weniger als 50 % des Widerstandswerts der magnetischen Speicherzelle), um einen dem Heizerserienwiderstandswert zugeordneten Signalverlust zu minimieren. In dem Schreibmodus kann der Widerstandswert des Heizers größer als der der Speicherzelle sein.

**[0057]** Bei einer exemplarischen Implementierung

kann jede Speicherzelle **350** durch eine separate Umschalterschaltung gesteuert werden. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung können mehrere Speicherzellen durch eine gemeinsame Umschalterschaltung gesteuert werden. Die Umschalterschaltungen können sich an den äußeren Rändern des Arrays von Speicherzellen oder unterhalb der Speicherzellen befinden.

**[0058]** Bei einer exemplarischen Implementierung weist die Umschalterschaltung zumindest einen Transistor auf, der einen Strom ein-/ausschaltet, der während Lese-/Schreiboperationen an die Speicherzelle **350** angelegt werden soll. Während einer Schreiboperation schaltet die Umschalterschaltung z. B. einen Strom ein, der über den Leseleiter **620** an den Heizer **610** angelegt werden soll. Der angelegte Strom kann ausreichend sein, um den Heizer **610** auf eine erhöhte Temperatur zu erwärmen. Die Speicherzelle **350** selbst kann auch selbsterwärmend sein. Die durch den Heizer **610** bereitgestellte Wärme (in Kombination mit der durch die Speicherzelle **350** erzeugten Wärme) erhöht die Temperatur in der Speicherzelle **350**, so dass Magnetfelder, die durch einen Schreibstrom erzeugt werden, der in dem Schreibleiter **310** angelegt wird, die magnetische Ausrichtung der Speicherzelle **350** umschalten können. Die Speicherzelle **350** sollte jedoch nicht überhitzt werden, so dass sich ihre magnetischen Eigenschaften irreversibel verändern. Bei einer exemplarischen Implementierung kann der Schreibstrom während einer Schreiboperation für einige Zeit beibehalten werden, bis die beschriebene Speicherzelle **350** auf eine magnetisch stabile Temperatur abkühlt.

**[0059]** Während einer Leseoperation schaltet die Umschalterschaltung einen kleinen Strom ein, der über den Leseleiter **620** an die Speicherzelle **350** angelegt werden soll, um den Widerstandswert in der Speicherzelle **350** zu bestimmen. Bei einer exemplarischen Implementierung tritt der während einer Leseoperation an die Speicherzelle **350** angelegte Strom durch den Schreibleiter **310** aus, der während der Leseoperation als eine Leseleitung wirkt und mit einem Standard-Lese-Schaltungsaufbau (nicht gezeigt) verbunden ist.

## VI. Schlussfolgerung

**[0060]** Die vorangegangenen Beispiele stellen bestimmte exemplarische Ausführungsbeispiele dar, von denen ausgehend weitere Ausführungsbeispiele, Variationen und Modifizierungen für Fachleute auf diesem Gebiet ersichtlich sind. Die Erfindungen sollen deshalb nicht auf die oben erläuterten bestimmten Ausführungsbeispiele eingeschränkt sein, sondern sind vielmehr durch die Ansprüche definiert.

# Patentansprüche

1. Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen, wobei jede der magnetischen Speicherstrukturen folgende Merkmale aufweist:  
eine Speicherzelle (350);  
einen Schreibleiter (310), der die Speicherzelle kontaktiert, wobei der Schreibleiter die Speicherzelle in einer ersten Koordinate während einer Schreiboperation auswählt; und  
ein Heizsystem (360), das die Speicherzelle kontaktiert, wobei das Heizsystem:  
die Speicherzelle während der Schreiboperation erwärmt; und  
die Speicherzelle durch das Erwärmen in einer zweiten Koordinate auswählt.

2. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 1, bei der zumindest ein Abschnitt des Schreibleiters (310) durch eine Umhüllung umgeben ist.

3. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 2, bei der die Umhüllung ein ferromagnetisches Material aufweist.

4. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der der Schreibleiter (310) konfiguriert ist, um während einer Leseoperation als eine Leseleitung zu wirken.

5. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Speicherzelle (350) eine Datenschicht (320), eine Abstandsschicht (330) und eine Referenzschicht (340) aufweist.

6. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 5, bei der die Koerzitivität der Datenschicht (320) reduziert ist, wenn die Temperatur der Datenschicht erhöht ist.

7. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 5 oder 6, bei der die Datenschicht eine ferromagnetische Schicht aufweist, die eine antiferromagnetische Schicht kontaktiert.

8. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der das Heizsystem es ermöglicht, dass die Speicherzelle (350) eine erhöhte Temperatur erreicht, um ein Umschalten einer magnetischen Ausrichtung der Speicherzelle durch einen Schreibstrom, der in dem Schreibleiter angelegt wird, zu erleichtern.

9. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der Magnetfelder, die durch das Heizsystem (360) erzeugt werden, mit Magnetfeldern kombiniert werden, die durch einen Schreibstrom erzeugt werden, der während einer Schreiboperation in dem Schreibleiter angelegt wird,

um eine magnetische Ausrichtung der Speicherzelle umzuschalten.

10. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der das Heizsystem eine Heizerleitung aufweist.

11. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der das Heizsystem einen Leseleiter und eine Umschalterschaltung aufweist.

12. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der das Heizsystem (360) konfiguriert ist, um während einer Leseoperation als ein Leseleiter zu wirken.

13. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der das Heizsystem einen Heizer, einen Leseleiter und eine Umschalterschaltung aufweist.

14. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der das Heizsystem einen Heizer in Serie zu der Speicherzelle (350) aufweist.

15. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der das Heizsystem die magnetische Speicherzelle aufweist.

16. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, bei der das Heizsystem eine Mehrzahl von Speicherzellen kontaktiert.

17. Verfahren zum Schreiben von Daten in eine thermisch gestützte magnetische Speicherzelle in einem Array von Speicherzellen, mit folgenden Schritten:  
Erwärmen einer ausgewählten Speicherzelle (350);  
Anlegen eines Schreibstroms durch einen einzelnen Schreibleiter, der benachbart zu der ausgewählten Speicherzelle ist, wobei der Schreibstrom ein Magnetfeld erzeugt, um den magnetischen Zustand der ausgewählten Speicherzelle umzuschalten; und  
Entfernen des Schreibstroms aus der ausgewählten Speicherzelle.

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, bei dem das Erwärmen ein Anlegen eines Stroms durch die ausgewählte Speicherzelle (350) aufweist.

19. Verfahren gemäß Anspruch 17 oder 18, bei dem das Erwärmen ein Anlegen eines Stroms durch eine Heizerleitung aufweist.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, bei dem das Erwärmen ein Erhöhen der Temperatur der ausgewählten Speicherzelle (350) aufweist, so dass der Schreibstrom durch den einzelnen Schreibleiter ausreicht, um den magnetischen Zu-

stand der ausgewählten Speicherzelle umzuschalten.

21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 20, bei dem der Schreibstrom beibehalten wird, bis die ausgewählte Speicherzelle auf eine magnetisch stabile Temperatur abkühlt.

22. Verfahren zum Herstellen einer thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur, mit folgenden Schritten:

Bilden einer Speicherzelle (350);

Bilden eines Schreibleiters (310), der die Speicherzelle kontaktiert, wobei der Schreibleiter die Speicherzelle in einer ersten Koordinate während einer Schreiboperation auswählt; und

Bilden eines Heizsystems (360), das die Speicherzelle kontaktiert, wobei das Heizsystem:

die Speicherzelle während der Schreiboperation erwärmt; und

die Speicherzelle durch das Erwärmen in einer zweiten Koordinate auswählt.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem zumindest ein Abschnitt des Schreibleiters (310) durch eine Umhüllung umgeben ist.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, bei dem die Umhüllung ein ferromagnetisches Material aufweist.

25. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 24, bei dem der Schreibleiter (310) konfiguriert ist, um während einer Leseoperation als eine Leseleitung zu wirken.

26. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 25, bei dem das Bilden der Speicherzelle (350) ein Bilden einer Datenschicht (320), ein Bilden einer Abstandsschicht (330), die die Datenschicht kontaktiert, und ein Bilden einer Referenzschicht (340), die die Abstandsschicht kontaktiert, aufweist.

27. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 26, bei dem das Heizsystem (360) es ermöglicht, dass die Speicherzelle (350) eine erhöhte Temperatur erreicht, um ein Umschalten der magnetischen Ausrichtung der Speicherzelle durch einen in dem Schreibleiter anliegenden Schreibstrom zu erleichtern.

28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 27, bei dem durch das Heizsystem (360) erzeugte Magnetfelder mit Magnetfeldern kombiniert werden, die durch einen Schreibstrom erzeugt werden, der während einer Schreiboperation in dem Schreibleiter (310) angelegt wird, um eine magnetische Ausrichtung der Speicherzelle umzuschalten.

29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 28, bei dem das Bilden eines Heizsystems (360) ein Bilden einer Heizerleitung aufweist.

30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 29, bei dem das Bilden eines Heizsystems (360) ein Bilden eines Leseleiters und ein Bilden einer Umschalterschaltung, die mit dem Leseleiter verbunden ist, aufweist.

31. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 30, bei dem das Heizsystem konfiguriert ist, um während einer Leseoperation als ein Leseleiter zu wirken.

32. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 31, bei dem das Bilden eines Heizsystems ein Bilden eines Heizers, ein Bilden eines Leseleiters, der den Heizer kontaktiert, und ein Bilden einer Umschalterschaltung, die mit dem Leseleiter verbunden ist, aufweist.

33. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 32, bei dem das Bilden eines Heizsystems ein Aktivieren des Heizsystems, um Wärme an zumindest eine Speicherzelle (350) zu liefern, aufweist.

34. Nichtflüchtiges Speicherarray, das eine Mehrzahl thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen aufweist, wobei jede der magnetischen Speicherstrukturen durch ein Verfahren hergestellt ist, das folgende Schritte aufweist:

Bilden einer Speicherzelle (350);

Bilden eines Schreibleiters (310), der die Speicherzelle kontaktiert, wobei der Schreibleiter die Speicherzelle in einer ersten Koordinate während einer Schreiboperation auswählt; und

Bilden eines Heizsystems (360), das die Speicherzelle kontaktiert, wobei das Heizsystem:

die Speicherzelle während der Schreiboperation erwärmt; und

die Speicherzelle durch das Erwärmen in einer zweiten Koordinate auswählt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

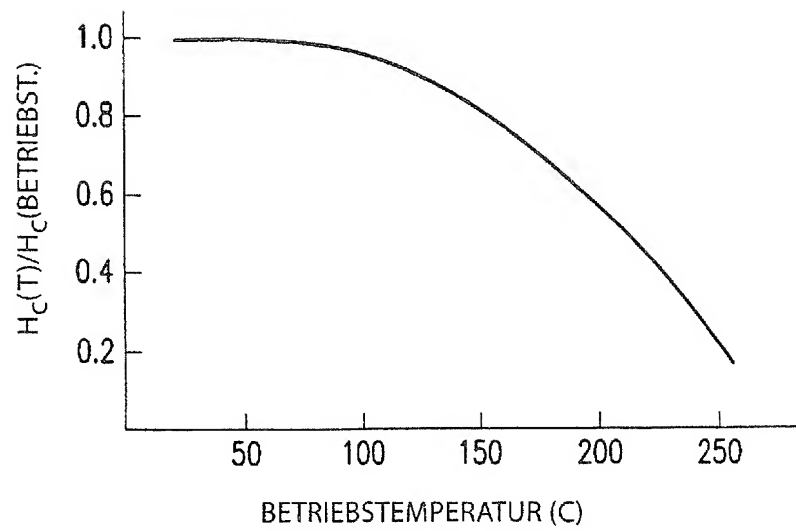


FIG.1

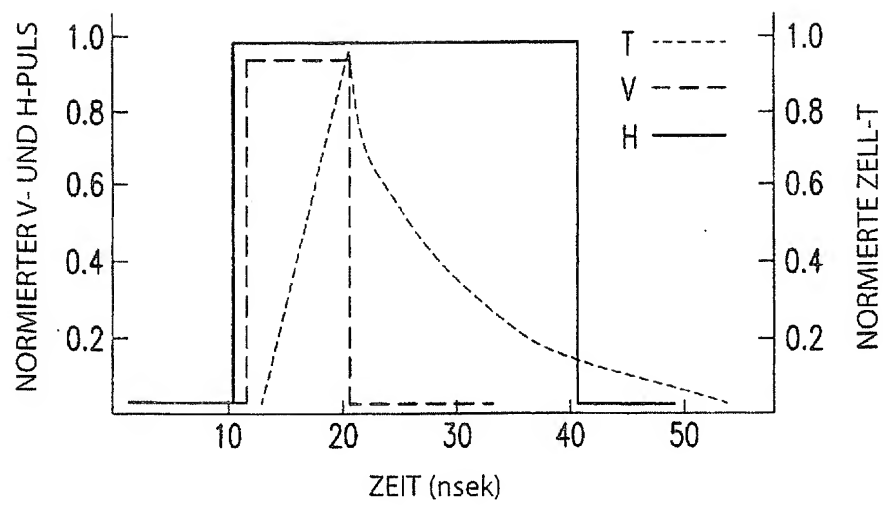


FIG.2

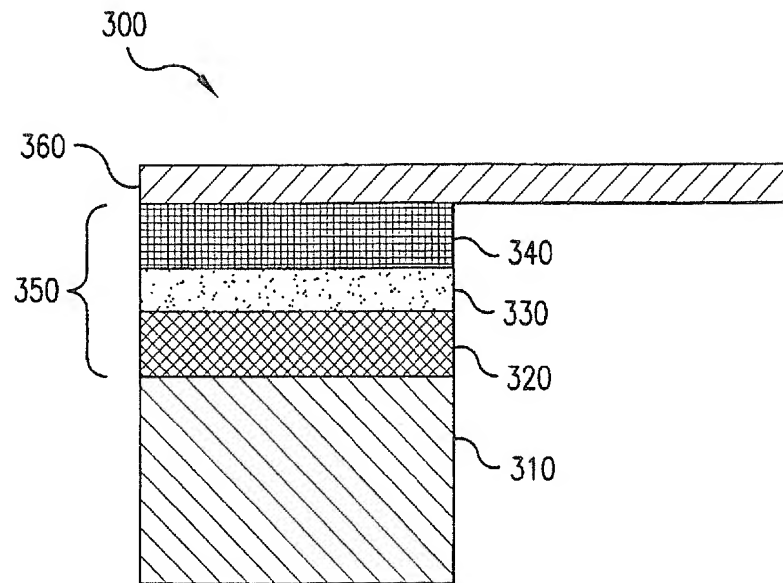


FIG.3

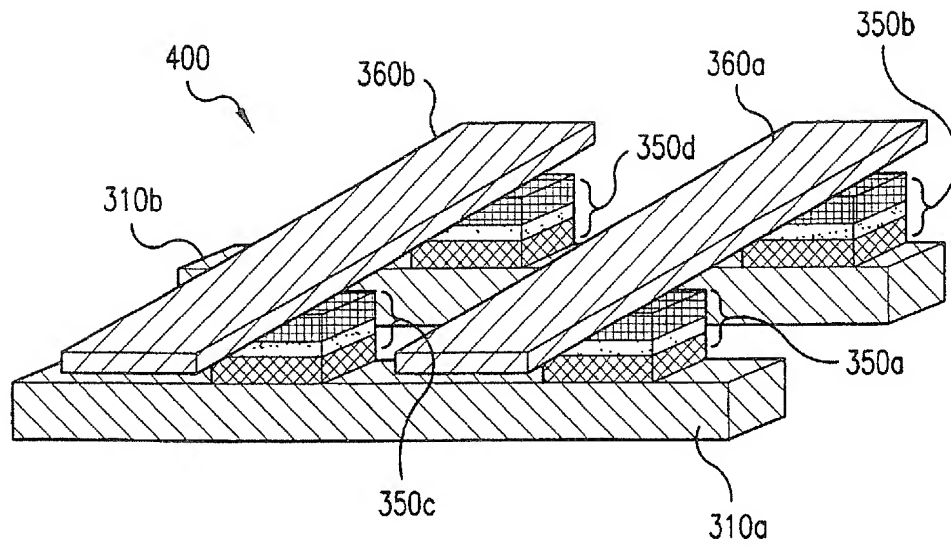


FIG. 4

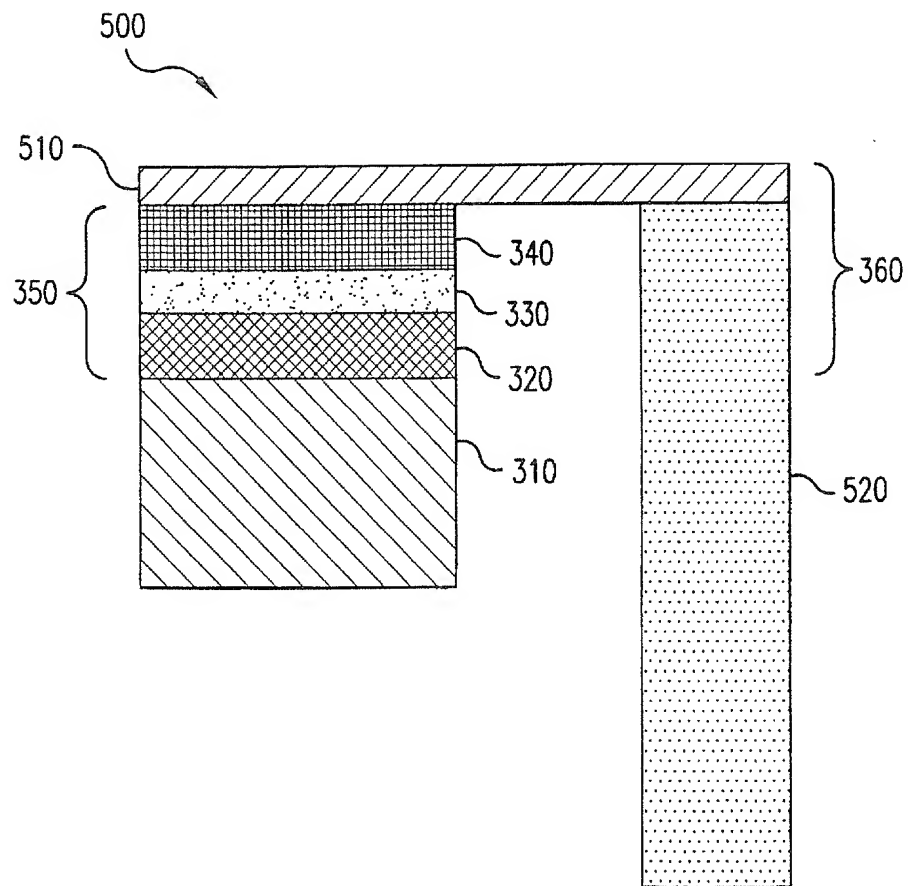


FIG.5



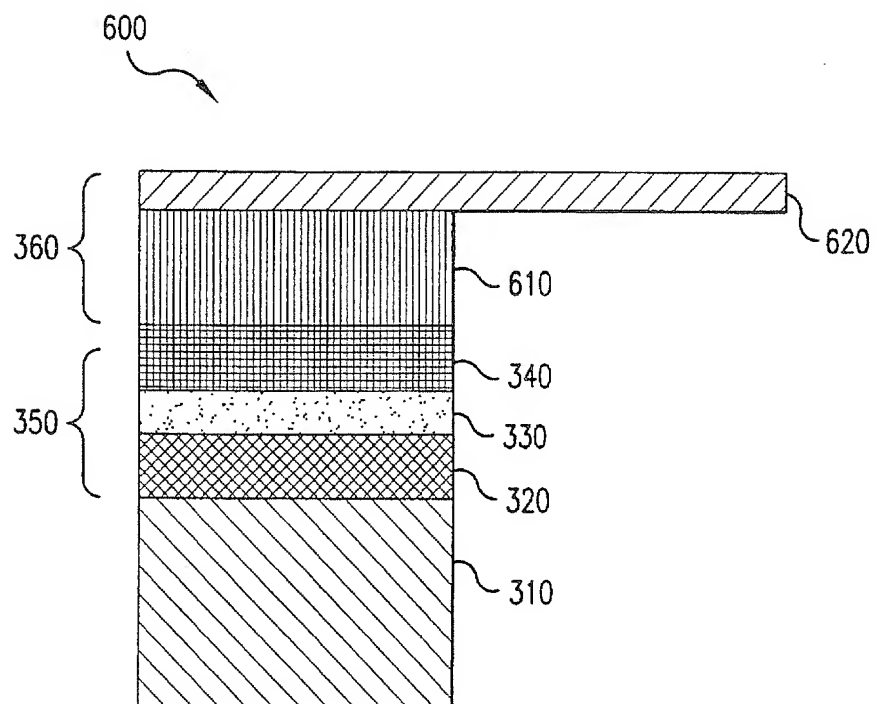


FIG.6